

微机型同步电动机成套保护装置

沈全荣 谢苏琨 南京电力自动化研究院继电保护所 南京 (210003)

【摘要】 介绍了研制成功的一种微机型同步电动机成套保护装置, 保护功能完善, 其中失步保护、逆功率保护可动作于再同步控制回路, 适用于大中型同步电动机, 并能满足综合自动化的要求

【关键词】 同步电动机 微机保护

概述

随着同步电动机大量地应用于各个行业, 其保护问题越来越受到重视。同步电动机价格昂贵, 其保护相应的要求较高。在同步电动机内部故障时, 保护应能灵敏地动作。在同步电动机异常运行时, 保护应及时正确地反应。微机保护比传统保护具有更大优越性, 用微机来实现的同步电动机保护, 能很好地满足同步电动机的保护要求。保护能存储 16 次事件报告和 32 次异常报告, 信息能通过 232 或 422 通信口上传。

保护装置采用成熟的 LFP-900 系列硬件, CPU 采用 INTEL 公司高性能的 16 位单片机, 由两套独立的装置 LFP-983A、LFP-984A 构成, 其中 LFP-983A 装置配置: 过流保护 (51)、零序过流保护 (51G)、零序电压保护 (64G)、低电压保护 (27)、失磁保护 (40)、失步保护 (55)、低功率或逆功率保护 (32) 以及三相操作回路。LFP-984A 装置配置: 电流纵差保护 (87M)、负序过流保护 (46)、热过负荷保护 (51) 以及转子接地保护 (64F)。保护配置如图 1。

本保护装置与异步电动机保护相比, 增加了失磁保护、失步保护、低功率或逆功率保护等, 且失步保护、低功率或逆功率保护可动作于再同步控制回路, 保护配置齐全、功能完善。

1 同步电动机微机差动保护原理

1.1 电流纵差保护

电流纵差保护动作方程

$$| I_T + I_N | > I_{cdqd}$$
$$\text{当 } | I_T + I_N | / 2 < I_e \text{ 时} \quad (1)$$

$$| I_T + I_N | - I_{cdqd} > K_{bl} \cdot (| I_T - I_N | / 2 - I_e)$$
$$\text{当 } | I_T + I_N | / 2 > I_e \text{ 时} \quad (2)$$

式中 I_T 为电动机机端电流, I_N 为中性点电流, K_{bl} 为比率制动系数, I_{cdqd} 为差动电流起动值, I_e 为电动机额定电流。比率制动差动保护反应电动机的内部相间短路, 任一相纵差保护动作即出口跳闸。

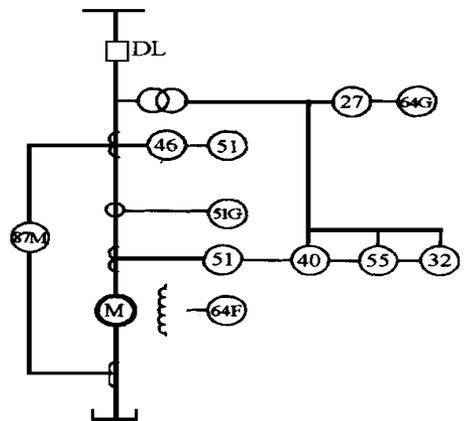


图 1 同步电动机保护配置图

1.2 CT 断线闭锁功能

为防止 CT 断线时保护误动, 保护采用了 CT 断线闭锁差动保护的新方案。机端、中性点的六路电流同时满足下列条件认为是 CT 断线:

- (1) 一路电流减小至差动保护启动
- (2) 其余五路电流变化不大于 $0.05 I_e$

为防止在其它情况下误闭锁,在下述任一条件下不进行 CT 断线判别

- (1) 启动前各侧最大相电流小于 $0.1 I_e$
- (2) 启动后最大相电流大于过负荷报警定值
- (3) 启动后三相电流之和比启动前增加

若电动机任一侧 CT 二次回路发生断线,则闭锁比率差动保护,但不闭锁差动速断保护。

1.3 二次谐波制动功能

在电动机启动过程中,启动电流最大可达 6 ~ 7 倍的额定电流,且持续时间长,CT 在二次电缆很长或二次负载重等情况下,机端、中性点两侧 CT 暂态特性不一致引起的不平衡差流,可能会导致比率差动保护误动。

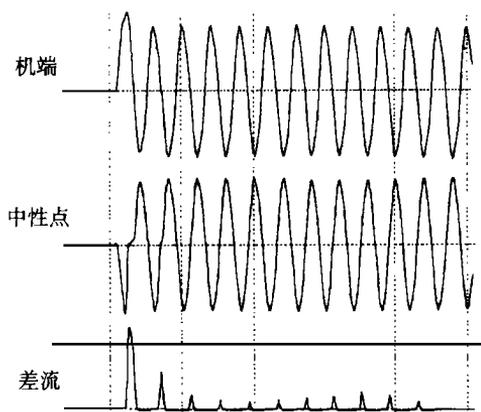


图 2 电动机启动过程中 A 相电流录波图

如图 2 为电动机启动过程中录得的机端、中性点 A 相电流及差电流的波形,可见差电流已超过电动机启动电流,对其中的差电流进行谐波分析,发现二次谐波分量可达基波分量的 50% 以上,而内部故障时二次谐波分量很小。为防止在电动机启动过程中比率差动保护误动,设置了二次谐波制动功能,当差电流中二次谐波分量大于定值时,闭锁该相比率差动保护。

1.4 对于差动回路采用磁平衡 CT 的电动机,保护也能满足需要。

2 两段式过流保护

过流 段保护相当于过流速断,作为电动机

相间故障的主保护。

过流 段电流定值 $I_{zd1} = K_K * K_{start}$,式中 K_K :可靠系数,取 1.2 ~ 1.3; I_{start} 为电动机的启动电流,电流整定值需躲过同步电动机附近外部相间短路时电动机送出的短路电流,过流 段时间定值,可整定为 0s,即速断,也可带一短延时。

过流 段保护在电动机启动完毕后自动投入,主要保护电动机启动时间过长和堵转。

(1) 电动机启动时电流大于 $0.06 I_e$,经整定时限 t_{start} ,过流 段保护投入,此时电流仍然大于过流 段定值,保护经延时跳闸。

(2) 电动机运行过程中,发生堵转现象,定子电流增大,经延时跳闸。

过流 段电流定值,可按启动电流或堵转电流一半整定。

3 负序过流保护

当电动机电流不对称,出现较大的负序电流,而负序电流将在转子中产生 2 倍工频的电流,将使转子发热大大增加,危及电动机的安全运行。

装置设两段定时限负序过流保护。负序过流 段主要保护电动机的断相、反相、匝间短路等故障,可取 I_{2zd1} 为 $0.6 \sim 1 I_e$,其中 I_e 为电动机的额定电流,时限按躲过开关不同期合闸出现的暂态过程的时间整定。

负序过流 段作为灵敏的不平衡电流保护,可取 I_{2zd2} 为 $0.2 \sim 0.6 I_e$ 。

4 热过负荷保护

热过负荷保护主要防止由过负荷、不对称过负荷、定子断线等引起的电动机过热,也作为电动机短路、启动时间过长、堵转等其它故障的后备保护。

热过负荷保护反应定子电流的大小,由于负序电流发热远大于正序电流产生的发热效应,因此,用等效电流 I_{eq} 来模拟电动机的发热效应,即

$$I_{eq}^2 = K_1 I_1^2 + K_2 I_2^2 \quad (3)$$

式中 I_1 为正序电流,在电动机启动过程中为防止保护误动,取 $K_1 = 0.5$,电动机启动完毕

恢复 $K_1 = 1.0$ 。 I_2 为负序电流,为模拟负序电流的增强发热效应, $K_2 = 3 \sim 10$,一般可取为 6。

热过负荷反时限保护模拟电动机的发热,当等效电流大于过负荷电流时,电动机开始热的积累,当等效电流小于过负荷电流时,热积累值通过散热慢慢减小。

热过负荷反时限保护动作方程如式(4)所示:

$$[(I_{eq}/I_e)^2 - (I_{gh}/I_e)^2] \cdot t \quad (4)$$

式中 t :电动机发热时间常数。

反时限保护热积累值大于 80% 热积累定值时保护发出报警信号。

反时限保护热积累值大于热积累定值时保护发出跳闸信号。

过负荷保护电流 I_{gh} 的整定,按电动机的额定电流 I_e 的 1.05 ~ 1.15 倍整定;

发热时间常数 t 的整定,该值应由电机厂家提供,如果厂家没有提供,可考虑下述方法整定:

(1) 如果厂家提供了电动机的热限曲线或一组过负荷能力的数字,则可根据式

$$= (I/I_e)^2 - (I_{gh}/I_e)^2 \text{ 求出一组 } t \text{ 后取较小的值。}$$

(2) 根据式 $t = \frac{\theta \times K^2 \times T_{start}}{0}$ 来得到发热时间常数。

式中 θ 为电动机的额定温升, K 为起动电流倍数, θ_0 为电动机起动时的温升, T_{start} 为电动机的起动时间,按电动机的实际起动时间整定,即从起动到电机转速达到额定转速的时间,考虑留有裕度,可整定为实际起动的时间的 1.2 倍。

5 低电压保护

当电源电压降低或短时中断,一些不允许或不需要自起动的电动机,须从电力网中断开,因此需配置低电压保护。

三相相间电压均小于低电压保护定值,低电压保护动作。当电动机三相均无电流时,低电压保护自动退出。

低电压定值,按躲过电机起动时最低电压整定。

6 定子绕组单相接地保护

当电动机定子单相接地电流大于 5A 时,应装设反应定子电流的单相接地保护,可动作于跳闸,也可动作于信号。

对于电动机所在的低压电网,中性点一般不接地或经消弧线圈接地,其单相接地主要由绝缘损坏引起,其零序电流主要为电容电流,保护用零序电流应取自零序电流专用 CT。零序电流定值,按躲过电动机外部单相接地时的零序基波电流来整定,零序电流保护可整定为较短的延时。

如电动机定子绕组单相接地电流较小,零序电流保护灵敏度不能满足要求,由于定子绕组单相接地引起零序电压的增加,因此可选用零序电压保护,零序过电压保护反应开口三角基波零序电压的大小,可保护机端 85% ~ 95% 的定子绕组单相接地,可动作于跳闸,也可动作于信号。

由于零序电流、零序电压中三次谐波分量较大,为了使三次谐波滤过比能大于 100,采用了数字滤波器和全波傅氏算法相结合的算法,对于每周 12 点采样其数字滤波器为

$$Y(K) = X(K) - X(K-6) + 0.98[X(K-2) - X(K-4)] \quad (5)$$

幅频特性如图 3,从图中可见,即使系统频率偏移,也能较好地滤除三次谐波。

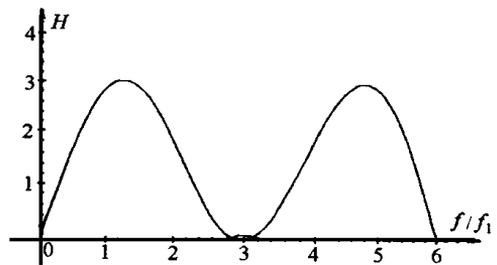


图 3 数字滤波器幅频特性图

零序过电压保护定值,按躲过正常运行时的最大不平衡基波零序电压整定;

零序电压定子接地保护延时,按躲过高压侧接地故障最长切除时间整定。

7 低功率或逆功率保护

低功率或逆功率保护用于防止电源中断再恢复时造成同步电动机的非同步冲击,逆功率保护也可用于大型同步电动机近处系统发生三相短路时防止电机送出的逆功率对系统的危害。

低功率保护适用于母线上没有其它负荷的情况,低功率保护通过开关位置接点来进行闭锁。而逆功率保护适用于母线上有其它负荷的情况。低功率或逆功率保护可动作于再同步控制回路,不能再同步或不需要再同步的电动机,保护动作于跳闸。

有功功率采用下式计算

$$P = U_a I_a \cos \alpha + U_b I_b \cos \beta + U_c I_c \cos \gamma \quad (6)$$

由于采用三相电压电流计算,保护的精度大为提高。当定值整定为 1% ~ 20% 的额定功率时,即为低功率保护,定值整定为 - 20% ~ 1% 的额定功率时,即为逆功率保护。

低功率保护的定值可按躲过空载运行时电动机消耗的有功功率整定。逆功率保护按躲过外部故障时送出的有功功率整定。

8 失磁保护

失磁保护反应同步电动机励磁回路故障引起的异步运行。

失磁保护可以在电动机起动完后自动投入,也可由压板或外部接点控制投入。失磁保护动作于跳闸。

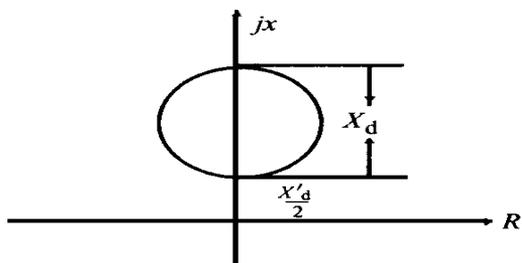


图 4 失磁保护异步阻抗图
保护采用异步阻抗圆,如图 4。
动作判据:

$$90^\circ \leq \arg \frac{U_1}{I_1 + j \frac{X_d}{2}} \leq 270^\circ \quad (7)$$

式中 U_1 、 I_1 : 为正序电压、电流, X_d : 同步电抗, X_d' : 暂态电抗。满足上式经延时保护动作于跳闸。

9 失步保护

失步保护反应由各种情况(如电动机过载、电源电压降低、电动机励磁电压太低等)引起的同步电动机失步。

失步保护可以在电动机起动完后自动投入,也可由压板或外部接点控制投入。在失步保护作用于再同步回路时,可由外部信号闭锁,在再同步成功后,保护重新投入,如再同步失败,保护再跳开关。

失步保护应用检测电动机的功率因数角的原理构成,同步电动机正常运行时一般工作于过激状态,功率因数角为负。当同步电动机失步时必定为欠激,必定为正。保护动作区如图 5。

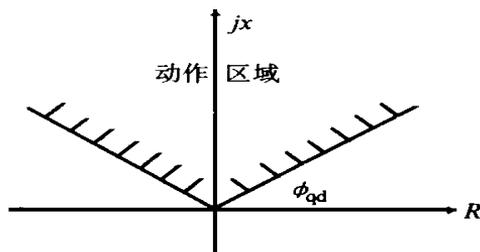


图 5 失步保护动作区

失步保护的功率因数角度在 0° ~ 60° 内可整定,一般整定为 30°。

为了防止电动机空载时和其他情况下保护误动,设定子低电流闭锁元件。定子低电流定值可按躲过同步电动机空载运行电流整定,也可按同步电动机凸极功率所对应的电流整定。

10 其它功能

装置除了以上的主要保护(下转 39 页)

参考文献

- 1 煤矿安全规程. 北京: 煤炭工业出版社, 1992.
- 2 宋建成等. 单片机在矿用防爆真空馈电开关中的应用. 煤炭科学技术, 1995. 1.
- 3 胡天禄. 矿井电网的漏电保护. 煤炭工业出版社, 1987.

- 4 IEEE. IEEE Guides and Standards for Protective Relaying Systems. Spring 1991.

宋建成, 1957年生, 副教授。主要从事煤矿井下电网漏电保护、矿用电器智能化、电力设备电气绝缘在线监测技术的研究与开发。

APPROACHES FOR IMPROVING THE PERFORMANCE PARAMETERS OF LEAKAGE PROTECTIVE SYSTEM IN UNDERGROUND LV DISTRIBUTION NETWORKS

Song Jiancheng (Xi'an Jiaotong University, 710049)

Abstract A new selective leakage protective system is developed in this paper in accordance with the deficiencies covered in present leakage protective equipments used in underground LV distribution networks and much more attention is paid to discuss the approaches how to improve the performance parameters of the system. The measuring results are also introduced here. It has been shown that all technical parameters of the system satisfy the demands promoted by academic authority.

Keywords Underground LV distribution network selective leakage protection Zero sequence current Zero sequence voltage

(上接 33 页)

功能,还具有 PT断线功能,当 PT断线时,保护延时 10s 发报警信号,待电压恢复正常后保护延时 10s 自动恢复正常。

装置可根据需要配置励磁回路一点接地保护,一点接地保护能实时显示励磁回路对地绝缘电阻,接地点位置。

正常运行时,保护能显示各种电流、电压幅值、相位关系。

11 结论

本文中所述装置包括了异步电动机保护具有的所有功能外,还包括差动保护、失步保护、逆功率保护等功能,尤其适用于同步电动机保

护的需要。该保护装置功能完善、性能价格比合理,推广应用前景良好。

参考文献

- 1 卢英照. 关于高压电动机保护的几点思考及同步机失步保护. 继电器, 1997. 6.
- 2 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用. 中国电力出版社, 1996.
- 3 蒋宗道. 用于同步电动机的新颖 LSB 系列失步保护装置. 电世界, 1987. 2.
- 4 祖伟等. 同步电动机失步及其保护的研究. 继电器, 1994. 2.

沈全荣, 男, 33岁, 硕士, 主要研究方向为电力主设备及同步电动机等的继电保护。

A DIGITAL SYNCHRONOUS MOTOR PROTECTION

Shen Quanrong, Xie Sukun (Nanjing Automation Research Institute, 210003, Nanjing)

Abstract The paper introduces a digital synchronous motor protection with all protection functions for synchronous motor. Power factor protection (out of step) and reverse power protection can run in resynchronism mode. It can be used in any synchronous motor and complies with integrated automation.

Keywords Synchronous motor Digital protection